



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΖΙΖΑΝΙΟΛΟΓΙΑΣ

Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:

Αξιολόγηση της αλληλοπαθητικής δράσης των αρωματικών φυτών μέντας και
δυόσμου στην καλλιέργεια του αραβοσίτου.

Αλέξανδρος Αλεξίου



Επιβλέπων Καθηγητής: Ανέστης Καρκάνης (Επίκουρος Καθηγητής)

Βόλος, 2019

Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:

Αξιολόγηση της αλληλοπαθητικής δράσης των αρωματικών φυτών μέντας και
δυόσμου στην καλλιέργεια του αραβοσίτου.

Αλέξανδρος Αλεξίου

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

- 1.Καρκάνης Ανέστης, Επίκουρος Καθηγητής, Επιβλέπων
- 2.Δαναλάτος Νικόλαος, Καθηγητής, Μέλος
- 3.Τσιρόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής, Μέλος

Βόλος, 2019

Πρόλογος

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας ήταν η μελέτη της αλληλοπαθητικής επίδρασης των αρωματικών φυτών μέντας και δυόσμου στην ανάπτυξη του αραβοσίτου. Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση των δύο φυτών σε διάφορα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του αραβοσίτου.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επίκουρο Καθηγητή, κ. Ανέστη Καρκάνη για την πολύτιμη βοήθεια και τη συνεχή καθοδήγηση κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων και της συγγραφής της πτυχιακής εργασίας μου. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους Καθηγητές κ. Νικόλαο Δαναλάτο και κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο για τις πολύτιμες συμβουλές τους, αλλά και για το χρόνο που διέθεσαν για τη διόρθωση της πτυχιακής εργασίας μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	5
Κεφάλαιο 1^ο : Εισαγωγή-Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	7
1.1 Αραβόσιτος-Γενικά.....	7
1.2 Αλληλοπάθεια	8
1.3 Καλλιεργούμενα φυτά με αλληλοπαθητική ικανότητα.....	8
1.4. Αμειψισπορά-Αλληλοπάθεια.....	9
1.5 Σκοπός της πτυχιακής εργασίας.....	11
Κεφάλαιο 2^ο: Υλικά και Μέθοδοι.....	12
2.1 Πειραματικός αγρός και σχέδιο.....	12
2.2 Καλλιεργητική τεχνική.....	13
2.3 Μετρήσεις.....	14
2.4 Μετεωρολογικά Δεδομένα.....	15
2.5 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων.....	17
Κεφάλαιο 3^ο: Αποτελέσματα.....	18
3.1 Ρυθμός φωτοσύνθεσης.....	18
3.2 Αγωγιμότητα των στοματίων.....	20
3.3 Σχετική συγκέντρωση της χλωροφύλλης (Τιμές SPAD).....	21
3.4 Ύψος των φυτών του αραβοσίτου.....	24
3.5 Νωπό βάρος των φυτών του αραβοσίτου.....	26
3.6 Ξηρό βάρος των φυτών του αραβοσίτου.....	29
3.7 Συστατικά απόδοσης.....	31
3.8 Απόδοση σε σπόρο.....	33
Κεφάλαιο 4^ο: Συζήτηση.....	34

4.1 Επίδραση του δυόσμου και της μέντας στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του αραβοσίτου.....	34
4.2 Επίδραση του δυόσμου και της μέντας στην ανάπτυξη και την απόδοση του αραβοσίτου.....	35
4.3 Συμπεράσματα.....	38
Βιβλιογραφία.....	40
Παράρτημα-Στατιστική Επεξεργασία των δεδομένων.....	46

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μέντα (*Mentha x piperita* L.) και ο δυόσμος (*Mentha spicata* L.) αποτελούν δύο σημαντικά πολυετή αρωματικά φυτά τα οποία καλλιεργούνται σε αξιόλογες εκτάσεις στη χώρα μας. Επίσης, έχει αναφερθεί ότι τα συγκεκριμένα αρωματικά φυτά παρουσιάζουν αλληλοπαθητικές ιδιότητες που μπορούν να επηρεάσουν τις επόμενες καλλιέργειες. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας αποτελεί η αξιολόγηση της αλληλοπαθητικής επίδρασης των καλλιεργειών του δυόσμου και της μέντας στην ανάπτυξη και την απόδοση του αραβοσίτου. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε πείραμα αγρού στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας τη χρονική περίοδο Απρίλιος - Οκτώβριος 2016. Εφαρμόστηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με 3 επαναλήψεις και 3 επεμβάσεις. Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε έκταση 28 m². Η σπορά του αραβοσίτου (*Zea mays* L., P1547 F1) έγινε στις 19 Απριλίου του 2016, ενώ οι επεμβάσεις του πειράματος ήταν οι ακόλουθες: 1) μάρτυρας (δεν προηγήθηκε καλλιέργεια-αγρός σε αγρανάπαυση, M), 2) προηγούμενη καλλιέργεια-μέντα (MA), 3) προηγούμενη καλλιέργεια-δυόσμος (ΔΑ). Στα τεμάχια του δυόσμου και της μέντας είχαν καλλιεργηθεί τα συγκεκριμένα είδη για δυο καλλιεργητικές περιόδους και συγκεκριμένα κατά την περίοδο Μάιος 2014 έως Νοέμβριος 2015.

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι το μεγαλύτερο ύψος (2,73 m) του αραβοσίτου καταγράφηκε στα τεμάχια του μάρτυρα, ενώ στα τεμάχια του δυόσμου και της μέντας το ύψος των φυτών του αραβοσίτου ήταν μικρότερο κατά 16,38% και 20,04%, αντίστοιχα. Επίσης, το μεγαλύτερο ξηρό βάρος στα φυτά του αραβοσίτου καταγράφηκε στα τεμάχια του μάρτυρα (2170 Kg/στρέμμα), ενώ στα τεμάχια του δυόσμου και της μέντας το ύψος ήταν μικρότερο κατά 29,51% και 25,13% αντίστοιχα.

Επίσης, η προηγούμενη καλλιέργεια με δυόσμο και μέντα επηρέασε σημαντικά το ρυθμό φωτοσύνθεσης και τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φυτά του αραβοσίτου. Συγκεκριμένα, στις 84 ημέρες μετά τη σπορά (ΗΜΣ), ο μεγαλύτερος ρυθμός φωτοσύνθεσης και η υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης (τιμές SPAD) καταγράφηκαν στο μάρτυρα και οι μικρότερες τιμές στις επεμβάσεις του δυόσμου και της μέντας. Δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά μεταξύ των επεμβάσεων της μέντας (MA) και του δυόσμου (ΔΑ), όπως και για τα προηγούμενα χαρακτηριστικά (ύψος και ξηρό βάρος). Τέλος, η μικρότερη απόδοση σε σπόρο του αραβοσίτου καταγράφηκε στις επεμβάσεις του δυόσμου (ΔΑ) και της μέντας (MA) και η μεγαλύτερη στα τεμάχια του μάρτυρα (M).

Τα παραπάνω αποτελέσματα έδειξαν ότι η ανάπτυξη και η απόδοση του αραβοσίτου επηρεάστηκε αρνητικά όταν ακολούθησε σε σύστημα αμειψισποράς την καλλιέργεια δυόσμου ή μέντας, δείχνοντας τη σημαντική αλληλοπαθητική δράση των δύο αρωματικών φυτών έναντι του αραβοσίτου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο:Εισαγωγή-Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

1.1 Αραβόσιτος–Γενικά

Ο αραβόσιτος (*Zea mays* L.) είναι ένα σημαντικό είδος που καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο για την παραγωγή κυρίως του καρπού. Κατά το έτος 2017 η συνολική παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση ήταν 197.185.936 ha, ενώ στην Ευρώπη καλλιεργήθηκαν περίπου 17,5 εκατομμύρια στρέμματα. Στη χώρα μας κατά το ίδιο έτος καλλιεργήθηκαν 1,3 εκατομμύρια στρέμματα και η συνολική παραγωγή ανήλθε στους 1,36 εκατομμύρια τόνους (Πίνακας 1). Τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία φανερώνουν την μεγάλη οικονομική σημασία της συγκεκριμένης καλλιέργειας.

Πίνακας 1. Καλλιεργούμενη έκταση και παραγωγή αραβοσίτου στην Ελλάδα και σε διάφορες περιοχές της υφελίου κατά το έτος 2017 (FAOSTAT, 2019).

Αραβόσιτος		
Ήπειροι	Καλλιεργούμενη Έκταση (ha)	Παραγωγή (τόνοι)
Ασία	67.366.656	361.841.270
Αφρική	40.601.960	84.152.626
Ευρώπη	17.536.535	110.475.545
Αμερική	71.590.236	577.640.793
Ωκεανία	90.548	636.434
Σύνολο	197.185.936	1.134.746.667
Χώρα	Καλλιεργούμενη Έκταση (ha)	Παραγωγή (τόνοι)
Ελλάδα	132.500	1.362.400

1.2. Αλληλοπάθεια

Με τον όρο αλληλοπάθεια ορίζεται η μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ φυτών κατά την οποία ένα φυτό απελευθερώνει χημικές ουσίες οι οποίες διεγείρουν ή παρεμποδίζουν την αύξηση άλλων φυτών (Khanh et al. 2005, Ελευθεροχωρινός 2014). Οι ουσίες αυτές είναι γνωστές με τον όρο αλληλοπαθητικές ενώσεις, παράγονται σε διάφορα όργανα των φυτών (πχ. φύλλα, βλαστοί, ριζικό σύστημα) και είναι προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού των φυτών (Ελευθεροχωρινός 2014). Οι διάφορες αλληλοπαθητικές ουσίες που έχουν ανακαλυφθεί κατατάσσονται κυρίως στις παρακάτω κατηγορίες (Li et al. 2010):

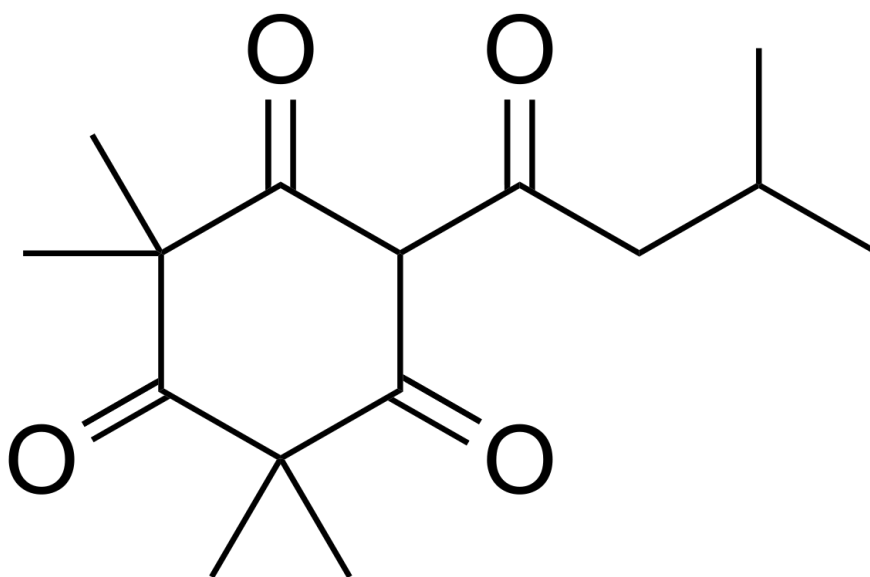
- Υδατοδιαλυτά οργανικά οξέα, κετόνες, αλειφατικές αλδεΐδες
- Ακόρεστες λακτόνες
- Λιπαρά οξέα και πολυακετυλένια
- Κουινίνες (πχ. βενζοκουϊνόνες, ανθρακουϊνόνες)
- Φαινολικά οξέα
- Κινναμωνικό οξύ και παράγωγα του
- Κουμαρίνες
- Φλαβονοειδή
- Ταννίνες
- Στεροειδή και τερπενοειδή (διτερπένια, τριτερπένια)

1.3. Καλλιεργούμενα φυτά με αλληλοπαθητική ικανότητα

Αρκετές καλλιέργειες όπως η μηδική (*Medicago sativa*), το ρύζι (*Oryza sativa*), η σίκαλη (*Secale cereale*), το μαλακό σιτάρι (*Triticum aestivum*), το σκληρό σιτάρι (*Triticum turgidum* ssp. *durum*), ο ηλίανθος (*Helianthus annuus*), το κόκκινο τριφύλλι (*Trifolium pratense*) κ.α. παρουσιάζουν αλληλοπαθητική ικανότητα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χλωρή λίπανση, εδαφοκάλυψη, συγκαλλιέργεια για τον έλεγχο των ζιζανίων (Khanh et al. 2005; Karkanis et al. 2010; Fragasso et al. 2013).

Για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της αλληλοπάθειας στην γεωργική παραγωγή είναι απαραίτητη η εισαγωγή αλληλοπαθητικών χαρακτηριστικών σε διάφορες καλλιέργειες (Khanh et al. 2005). Σε ορισμένες καλλιέργειες έχει πραγματοποιηθεί πρόοδος στον συγκεκριμένο τομέα. Για παράδειγμα η αλληλοπάθεια

παίζει σημαντικό ρόλο στην ανταγωνιστικότητα των σιτηρών έναντι των ζιζανίων δεδομένου ότι έχουν ανακαλυφθεί αρκετές ποικιλίες κριθαριού, σιταριού και ρυζιού με ισχυρή αλληλοπαθητική δράση (Bertholdsson 2010). Η χρησιμοποίηση ειδών με αλληλοπαθητική ικανότητα θα συμβάλει παράλληλα και στη μείωση της εφαρμογής των ζιζανιοκτόνων (Ελευθεροχωρινός 2014). Η αλληλοπάθεια μπορεί να συμβάλει στον έλεγχο των ζιζανίων μέσω των αλληλοπαθητικών ουσιών που παράγονται από τις αλληλοπαθητικές καλλιέργειες και οι οποίες μπορεί να αποτελέσουν μια δεξαμενή από την οποία θα αναπτυχθούν νέα ζιζανιοκτόνα (Khanh et al. 2005). Χαρακτηριστικό παράδειγμα ζιζανιοκτόνου του οποίου η σύνθεση βασίστηκε στη χημεία αλληλοπαθητικής ουσίας (leptospermone, Σχήμα 1) είναι το mesotrione (Ελευθεροχωρινός 2014). Η συγκεκριμένη αλληλοπαθητική ουσία ανακαλύφθηκε σε φυτά του είδους *Callistemon citrinus* (Ελευθεροχωρινός 2014).



Σχήμα 1. Χημική δομή της αλληλοπαθητικής ουσίας leptospermone.

1.4 Αμειψισπορά-Αλληλοπάθεια

Η αμειψισπορά είναι μια σημαντική καλλιεργητική τεχνική η οποία επηρεάζει την παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Για να έχουμε θετική επίδραση στη γεωργική παραγωγή είναι απαραίτητος ο σωστός σχεδιασμός του συστήματος αμειψισποράς ακολουθώντας βασικές αρχές και κανόνες (Migliori and Wezel 2017). Για παράδειγμα

η ένταξη των ψυχανθών όπως η βίγνα, τα κουκιά, το μπιζέλι και η σόγια στα συστήματα αμειψισποράς βελτιώνει τη γονιμότητα του εδάφους (Karkanis et al. 2018a, Ntatsi et al., 2018, Ntatsi et al. 2019, Sanchez-Navarro et al., 2019) και αυξάνει τις αποδόσεις (Karkanis et al. 2018a, Uzoh et al. 2019), ενώ μειώνει την ανάγκη για εφαρμογή ανόργανων λιπασμάτων αζώτου στις επόμενες καλλιέργειες (Park et al. 2010, Ntatsi et al., 2018).

Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα αμειψισποράς συμβάλλει στον έλεγχο των ζιζανίων και ασθενειών και κατά συνέπεια μειώνει τις εισροές για την καταπολέμηση τους (McDonald and Peck 2009, Wozniak and Soroka 2018, Migliori and Wezel 2017, Conner et al. 2019). Η ένταξη καλλιεργειών με αλληλοπαθητικό δυναμικό σε ένα σύστημα αμειψισποράς συμβάλλει στον έλεγχο των ζιζανίων (Narwal 200, Mamolos and Kalbutji 2001, Khanh et al., 2005, Nichols et al. 2015, Rehman et al. 2019) μέσω της απελευθέρωσης δευτερογενών μεταβολιτών που είναι γνωστοί ως αλληλοχημικά (Nichols et al. 2015). Σε πρόσφατη έρευνα, ο Rehman et al. (2019) αναφέρουν ότι διάφορα είδη *Brassica* μπορεί να ενταχθούν σε ένα σύστημα αμειψισποράς διότι παράγουν αλληλοπαθητικές ουσίες (glucosinolates, brassinosteroids και allylisothiocyanates) που έχουν φυτοτοξική δράση έναντι των ζιζανίων. Σε άλλη μελέτη, ο Farooq et al. (2017) παρατήρησαν ότι το ξηρό βάρος και η πυκνότητα των ζιζανίων σε καλλιέργεια ρυζιού μειώθηκε κατά 77% και 78%, αντίστοιχα όταν υδατικά εκχυλίσματα σόργου και υπολείμματα σόργου εφαρμόστηκαν συνδυαστικά σε ένα σύστημα αμειψισποράς σιτάρι-σόργο-ρύζι. Επιπρόσθετα, ο Liu et al. (2013) βρήκαν ότι η απόδοση της τομάτας αυξήθηκε όταν καλλιεργήθηκε μετά από καλλιέργεια κινέζικου κρεμμυδιού (*Allium cepa* L. var. *aggregatum* G. Don). Η αποτελεσματικότητα διάφορων φυτών της οικογένειας *Lamiaceae* αναφέρεται από τους Mominul Islam and Kato-Noguchi (2013) οι οποίοι παρατήρησαν ότι εκχυλίσματα από 5 είδη της οικογένειας έδειξαν παρεμποδιστική δράση κατά της μουχρίτσας (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.).

Η μέντα (*Mentha x piperita* L.) και ο δυόσμος (*Mentha spicata* L.) είναι πολυετή είδη που καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο (Karkanis et al. 2018b), ενώ και οι δύο καλλιέργειες καθώς και άλλα είδη του γένους *Mentha* παρουσιάζουν αλληλοπαθητική ικανότητα έναντι των ζιζανίων (Argyropoulos et al. 2008, Azirak and Karaman 2008, Azizi et al. 2008, Chalkos et al. 2010, Islam and Kato-Noguchi 2013). Επίσης, παρόλο τις θετικές επιδράσεις διαφόρων αλληλοπαθητικών καλλιεργειών στον έλεγχο των ζιζανίων έχουν αναφερθεί και αρνητικές επιδράσεις στην ανάπτυξη και την απόδοση

διαφόρων καλλιεργειών. Συγκεκριμένα, ο Argyropoulos et al. (2008) αναφέρει ότι το αιθέριο έλαιο του δυόσμου παρουσίασε αρνητική επίδραση στην βλάστηση των σπόρων των ζιζανίων, ενώ τα εκχυλίσματα της μέντας επηρέασαν αρνητικά την βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη των φυταρίων της τομάτας. Επίσης, ο Chalkos et al. (2010) παρατήρησαν ότι η ενσωμάτωση κομπόστ δυόσμου παρεμπόδισε τη βλάστηση των σπόρων των ζιζανίων και βελτίωσε την ανάπτυξη της τομάτας. Σε άλλη μελέτη, οι Naeem et al. (2017) παρατηρήσαν ότι η ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L.) παρεμπόδισε την ανάπτυξη του αραβοσίτου.

1.5. Σκοπός της Πτυχιακής Εργασίας

Περιορισμένος αριθμός εργασιών έχουν δημοσιευθεί σχετικά με τις επιδράσεις της μέντας και του δυόσμου στην ανάπτυξη και την απόδοση των καλλιεργειών που ακολουθούν σε ένα σύστημα αμειψισποράς τις συγκεκριμένες καλλιέργειες. Με βάση το γεγονός ότι αυτά τα δύο είδη καλλιεργούνται ευρέως σε όλο τον κόσμο είναι σημαντικό να διερευνηθεί ποιες καλλιέργειες είναι ευαίσθητες στις αλληλοπαθητικές ουσίες που απελευθερώνονται από τα υπολείμματα αυτών των καλλιεργειών. Αυτό θα βοηθήσει στο καλύτερο σχεδιασμό του συστήματος αμειψισποράς. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι να εξετασθεί αν οι συγκεκριμένες αλληλοπαθητικές καλλιέργειες έχουν θετική, αρνητική ή καμία επίδραση στην ανάπτυξη, την φυσιολογία και την απόδοση του αραβοσίτου. Για αυτό το σκοπό, η μέντα και ο δυόσμος εντάχθηκαν σε ένα σύστημα αμειψισποράς που περιλαμβάνει και την καλλιέργεια του αραβοσίτου για να εξετασθεί η επίδραση τους στην ανάπτυξη, την φωτοσύνθεση και την απόδοση του αραβοσίτου. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής θα έχουν πρακτική εφαρμογή για τους γεωργούς και συγκεκριμένα θα βοηθήσουν στο σωστό σχεδιασμό του συστήματος αμειψισποράς, ενώ παράλληλα θα περιοριστούν οι αρνητικές επιδράσεις στις καλλιέργειες που ακολουθούν στο σύστημα αμειψισποράς τη μέντα ή το δυόσμο.

Κεφάλαιο 2^ο: Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικός αγρός και σχέδιο

Για τη μελέτη του θέματος πραγματοποιήθηκε πείραμα αγρού στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (Εικόνα 1). Όσον αφορά την μηχανική σύσταση του εδάφους του πειραματικού αγρού χαρακτηρίζεται ως αμμοαργιλοπηλώδες (άμμος: 38%, ιλύς: 36% και άργιλος: 26%), με pH7,4 (1:1 έδαφος/νερό).



Εικόνα 1. Χάραξη του πειραματικού αγρού αμέσως μετά τη σπορά του αραβοσίτου (19 Απριλίου του 2016).

Στο πειραματικό αγρό πραγματοποιήθηκε σπορά αραβόσιτου (*Zea mays*L.) στις 19 Απριλίου του 2016 με πνευματική σπαρτική μηχανή. Καλλιεργήθηκε το υβρίδιο P1547 με τα εξής χαρακτηριστικά:

- FAO: 660
- Ημέρες για φυσιολογική ωρίμανση: 125.

Η καλλιέργεια σπάρθηκε σε σειρές που απείχαν μεταξύ τους 75 cm, ενώ η απόσταση επί της γραμμής ήταν 16 cm και το βάθος σποράς 2-3 cm. Εφαρμόστηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με 3 επαναλήψεις και 3 επεμβάσεις. Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε έκταση 28 m². Οι επεμβάσεις του πειράματος ήταν οι ακόλουθες: 1) μάρτυρας (δεν προηγήθηκε καλλιέργεια-αγρός σε αγρανάπαυση), 2) προηγούμενη καλλιέργεια-μέντα (*Mentha x piperita* L.), 3) προηγούμενη καλλιέργεια-δυόσμος (*Mentha spicata* L.). Στα τεμάχια του δυόσμου και της μέντας είχαν καλλιεργηθεί τα συγκεκριμένα είδη για δυο καλλιεργητικές περιόδους και συγκεκριμένα κατά την περίοδο Μάιος 2014 έως Νοέμβριος 2015.



Εικόνα 2. Πειραματικός αγρός καλλιέργειας στο στάδιο των 4-6 φύλλων του αραβοσίτου.

2.2. Καλλιεργητική τεχνική

Προετοιμασία εδάφους

Η κύρια κατεργασία του εδάφους πραγματοποιήθηκε με άροτρο, με βάθος κατεργασίας 20-30cm, ενώ στην συνέχεια ακολούθησε δευτερεύουσα κατεργασία, έγιναν δύο κατεργασίες με σβολοκόπτη με βάθος κατεργασίας τα 10-15 cm.

Λίπανση

Πριν την σπορά πραγματοποιήθηκε βασική λίπανση με το σύνθετο λίπασμα 15-15-15 (5% S). Επίσης, στις 10 Ιουνίου του 2016 εφαρμόστηκε με το σύστημα της στάγδην άρδευσης το λίπασμα νιτρική αμμωνία (34,5-0-0) σε ποσότητα 30 κιλά/στρέμμα.

2.3. Μετρήσεις

Οι μετρήσεις του υπέργειου τμήματος του αραβοσίτου πραγματοποιήθηκαν ανά τακτά χρονικά διαστήματα στις 28 Ιουνίου 2016 (70 ημέρες από τη σπορά), στις 12 Ιουλίου 2016 (84 ημέρες από την σπορά) και στις 26 Ιουλίου 2016 (98 ημέρες από την σπορά). Τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας τα οποία μελετήθηκαν ήταν τα ακόλουθα:

- 1) **Ύψος:** Οι μετρήσεις του ύψους πραγματοποιήθηκαν σε 5 φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο.
- 2) **Συγκέντρωση χλωροφύλλης:** Η μέτρηση της χλωροφύλλης πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του φορητού οργάνου SPAD-502 chlorophyll meter (Konica Minolta Optics Inc.) με 5 μετρήσεις ανά πειραματικό τεμάχιο. Το SPAD-502 chlorophyll meter είναι ένα όργανο μέτρησης που χρησιμοποιεί την απορρόφηση για να υπολογίσει τη σχετική συγκέντρωση της χλωροφύλλης (τιμές SPAD) στα φύλλα διαφόρων φυτών.
- 3) **Νωπό βάρος:** Οι μετρήσεις του νωπού βάρους των φυτών της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκαν σε 3 φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο. Χρησιμοποιήθηκε εργαστηριακός ζυγός ακριβείας.
- 4) **Ξηρό βάρος:** Η μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών της καλλιέργειας έγινε σε ζυγό ακριβείας, μετά από την ξήρανση των δειγμάτων σε κλίβανο σε θερμοκρασία 60°C για 7 ημέρες.
- 5) **Μέτρηση ρυθμού φωτοσύνθεσης και αγωγιμότητας στοματίων:** Η μέτρηση αυτών των φυσιολογικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκε με το

φορητό όργανο LI-6400 (LI-COR Biosciences, Inc., Lincoln, Nebraska) σε 3 φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο (Εικόνα 3). Οι μετρήσεις έγιναν στις 84 ημέρες και 98 ημέρες μετά την σπορά.

6) Απόδοση σε σπόρο: Με θεριζοαλωνιστική μηχανή πραγματοποιήθηκε αλωνισμός, στις 5 Οκτωβρίου 2016 και υπολογίστηκε η απόδοση (Εικόνα 4).

7) Συστατικά της απόδοσης (βάρος 1000 σπόρων και μήκος σπάδικα): Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν αμέσως μετά την συγκομιδή.



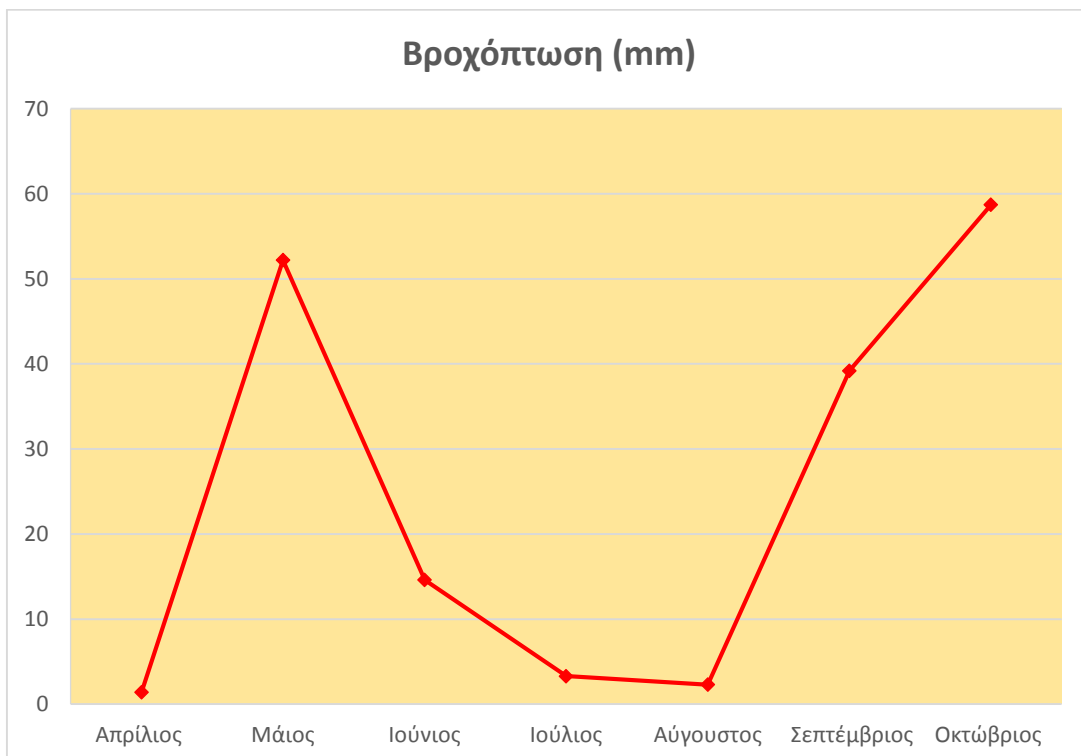
Εικόνα 3. Φορητό όργανο (LI-6400 XT) μέτρησης της φωτοσυνθετικής ικανότητας και της στοματικής αγωγιμότητας των φύλλων.

2.4 Μετεωρολογικά Δεδομένα

Στα διαγράμματα 1 και 2 απεικονίζονται οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας και της μηνιαίας βροχόπτωσης κατά την διάρκεια του πειράματος (Απρίλιος έως Οκτώβριος 2016).



Διάγραμμα 2. Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του αραβοσίτου.



Διάγραμμα 3. Μηνιαία βροχόπτωση (mm) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του αραβοσίτου.



Εικόνα 4. Μηχανική συγκομιδή της καλλιέργειας του αραβοσίτου με θεριζοαλωνιστική μηχανή.

2.5 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

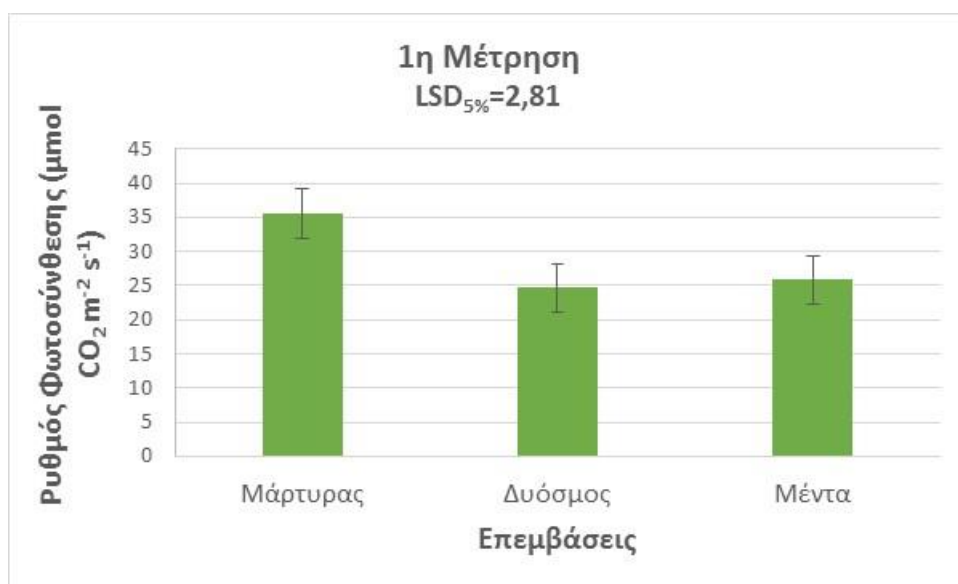
Με σκοπό τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διασποράς με βάση το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων. Στις περιπτώσεις που η ανάλυση της διασποράς έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές πραγματοποιήθηκε σύγκριση των μέσων με την δοκιμασία της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD), σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SigmaPlot 12 (Systat Software Inc., SanJose, CA).

Κεφάλαιο 3^ο: Αποτελέσματα

3.1. Ρυθμός φωτοσύνθεσης

1^η Μέτρηση

Ο μεγαλύτερος ρυθμός φωτοσύνθεσης καταγράφηκε στα φυτά του μάρτυρα ($35,53 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφηκε στα τεμάχια όπου το προηγούμενο έτος καλλιεργήθηκε δυόσμος ($25,83 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεμαχίων του δυόσμου και των τεμαχίων της μέντας. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 3. Ρυθμός φωτοσύνθεσης των φύλλων του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (1^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

2^η Μέτρηση

Κατά τη δεύτερη μέτρηση ο μεγαλύτερος ρυθμός φωτοσύνθεσης καταγράφηκε στα φυτά του μάρτυρα ($35,13 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφηκε στο τεμάχιο με τη μέντα ($28,73 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των

τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας. Οι τιμές των διαφόρων επεμβάσεων παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 4.



Διάγραμμα 4. Ρυθμός φωτοσύνθεσης των φύλλων του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (2^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

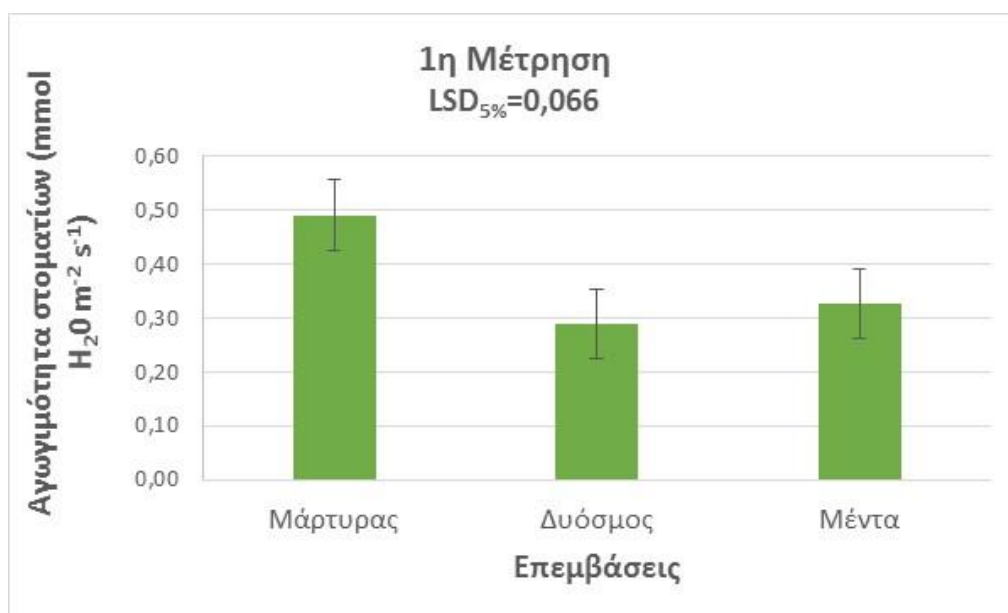


Εικόνα 5. Μέτρηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης στο μέσο του μήκους του φύλλου του αραβοσίτου.

3.2. Αγωγιμότητα των στοματίων

1^η Μέτρηση

Η μεγαλύτερη τιμή της αγωγιμότητας των στοματίων καταγράφηκε στην επέμβαση του μάρτυρα ($0,491 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), ενώ η μικρότερη τιμή στην επέμβαση του δυόσμου ($0,290 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της επέμβασης του δυόσμου και της επέμβασης της μέντας. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 5).

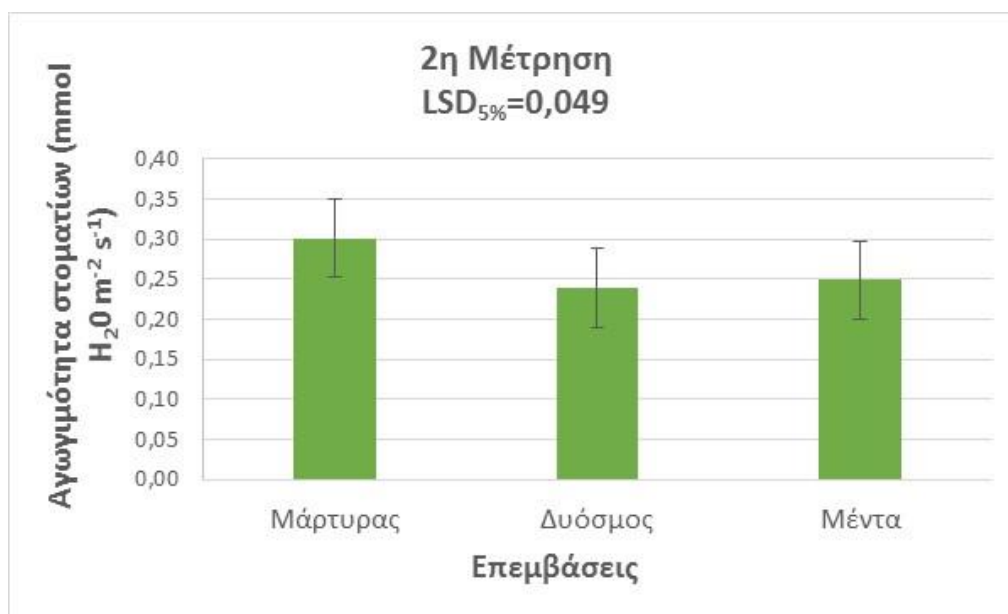


Διάγραμμα 5. Αγωγιμότητα των στοματίων των φύλλων του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (1^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

2^η Μέτρηση

Η μεγαλύτερη τιμή της αγωγιμότητας των στοματίων καταγράφηκε στην επέμβαση του μάρτυρα ($0,301 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), ενώ η μικρότερη τιμή στην επέμβαση του δυόσμου ($0,239 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν

στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 6).

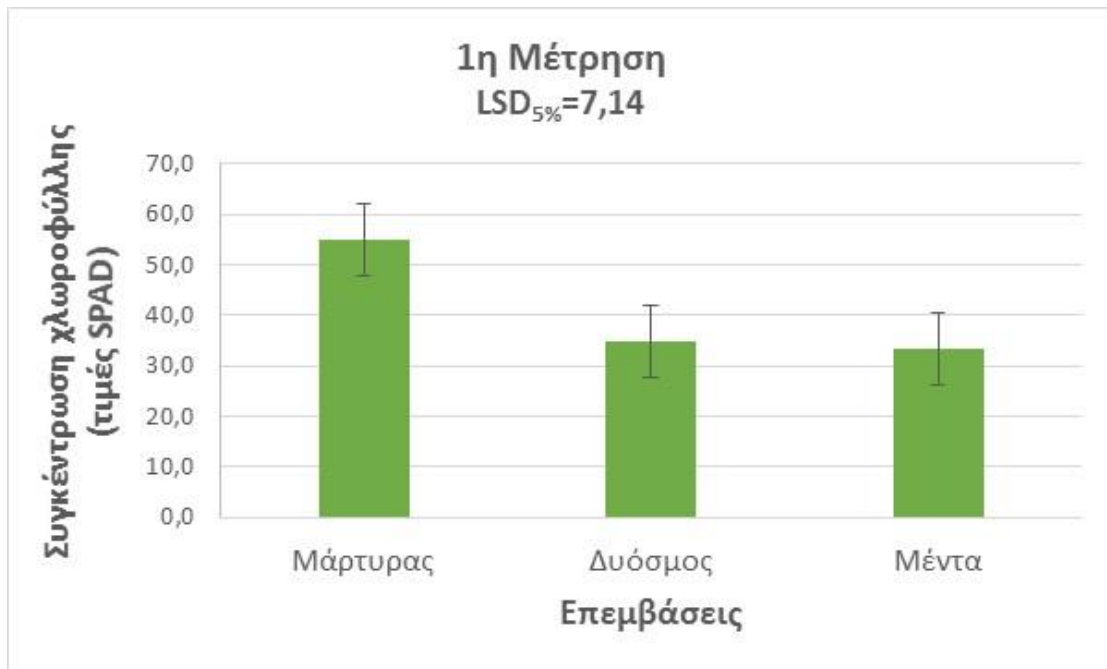


Διάγραμμα 6. Αγωγιμότητα των στοματίων των φύλλων του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (2^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

3.3. Σχετική συγκέντρωση της χλωροφύλλης (Τιμές SPAD)

1^η Μέτρηση

Κατά την 1^η μέτρηση, οι μεγαλύτερες τιμές SPAD καταγράφηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (54,90), ενώ οι μικρότερες τιμές στην επέμβαση της μέντας (33,49). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 7).



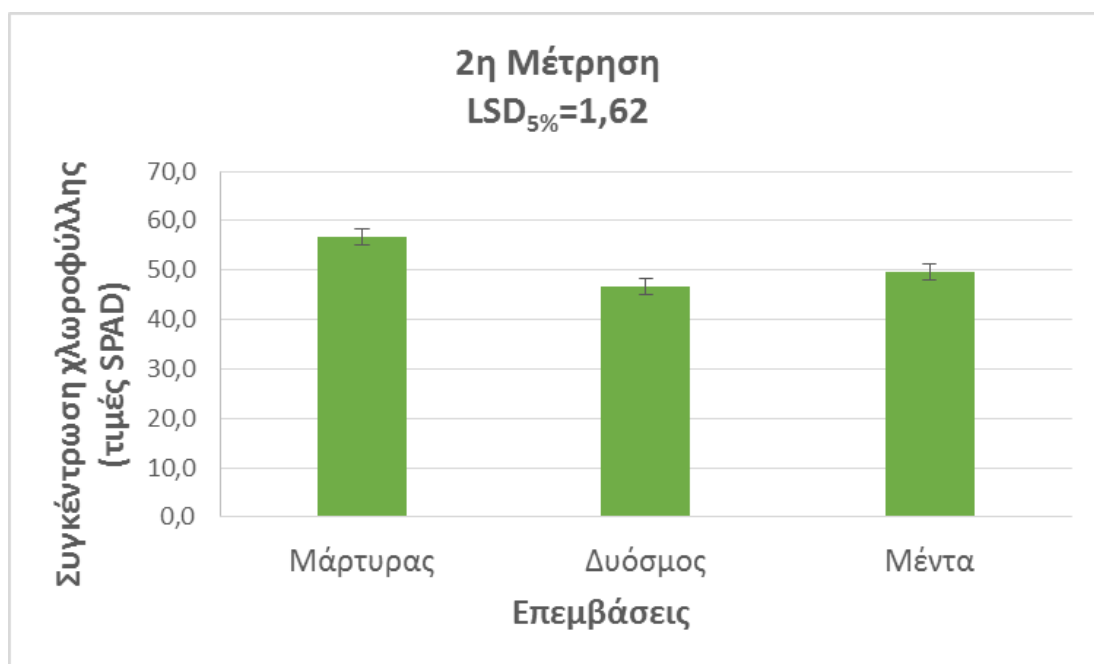
Διάγραμμα 7. Συγκέντρωση χλωροφύλλης (τιμές SPAD) στα φύλλα του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (1^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Εικόνα 6. Χλώρωση των φύλλων του αραβοσίτου στα τεμάχια όπου καλλιεργήθηκε δυόσμος κατά το προηγούμενο έτος.

2^η Μέτρηση

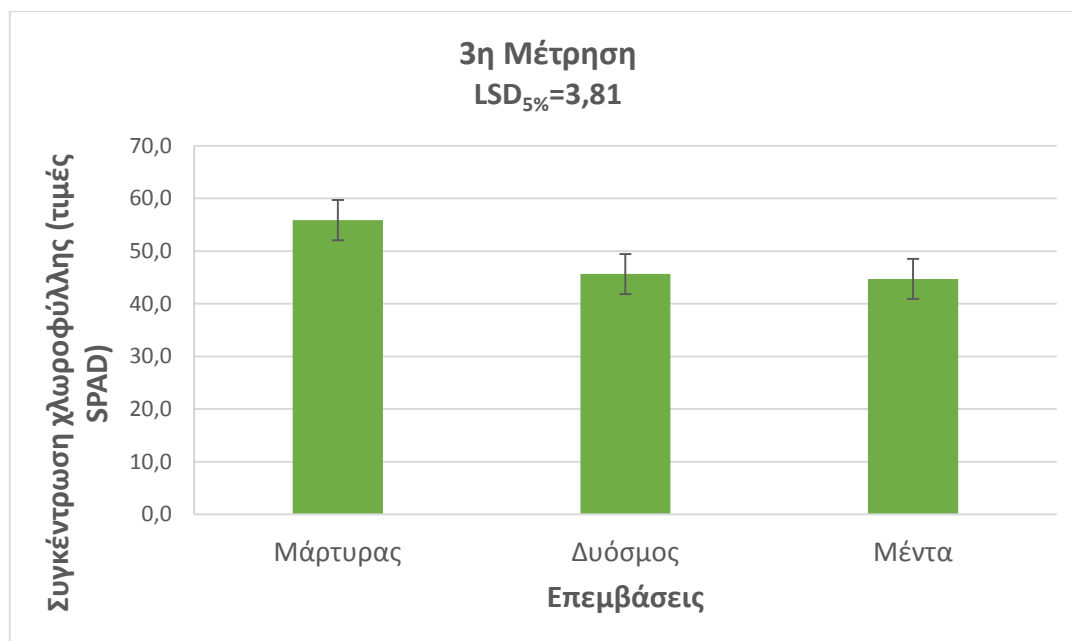
Κατά την 2^η μέτρηση, οι μεγαλύτερες τιμές SPAD καταγράφηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (56,80), ενώ οι μικρότερες τιμές στην επέμβαση του δυόσμου (46,63). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 8).



Διάγραμμα 8. Συγκέντρωση χλωροφύλλης (τιμές SPAD) στα φύλλα του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (2^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

3^η Μέτρηση

Όπως και στην 1^η και 2^η μέτρηση, οι μεγαλύτερες τιμές SPAD καταγράφηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (55,90). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 9).



Διάγραμμα 9. Συγκέντρωση χλωροφύλλης (τιμές SPAD) στα φύλλα του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (3^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

3.4. Ύψος των φυτών του αραβοσίτου

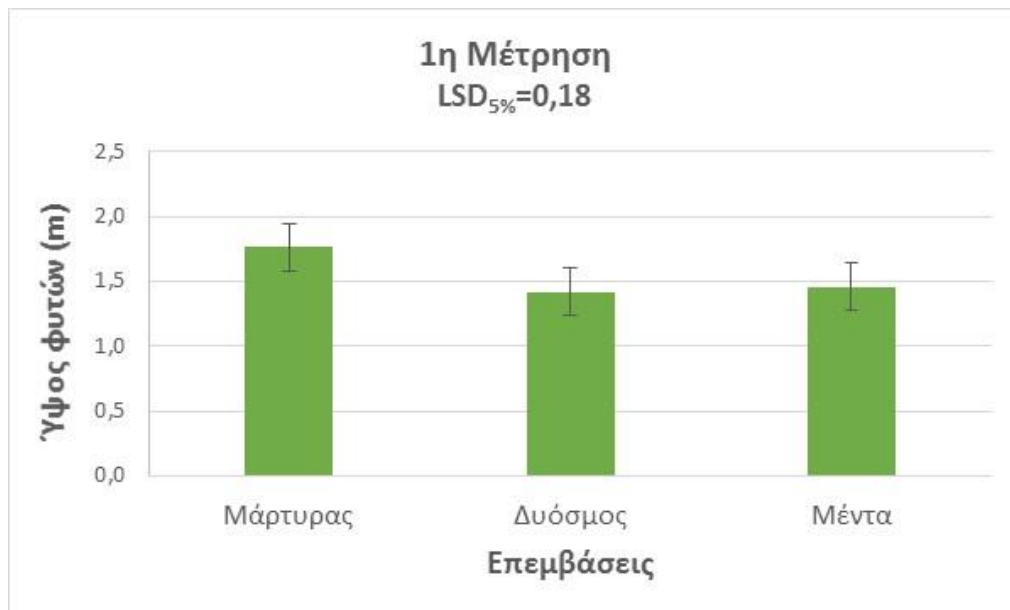
1^η Μέτρηση

Κατά την 1^η μέτρηση, οι μεγαλύτερες τιμές του ύψους καταγράφηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (1,76 m), ενώ οι μικρότερες τιμές στην επέμβαση του δυόσμου (0,82 m). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 10).

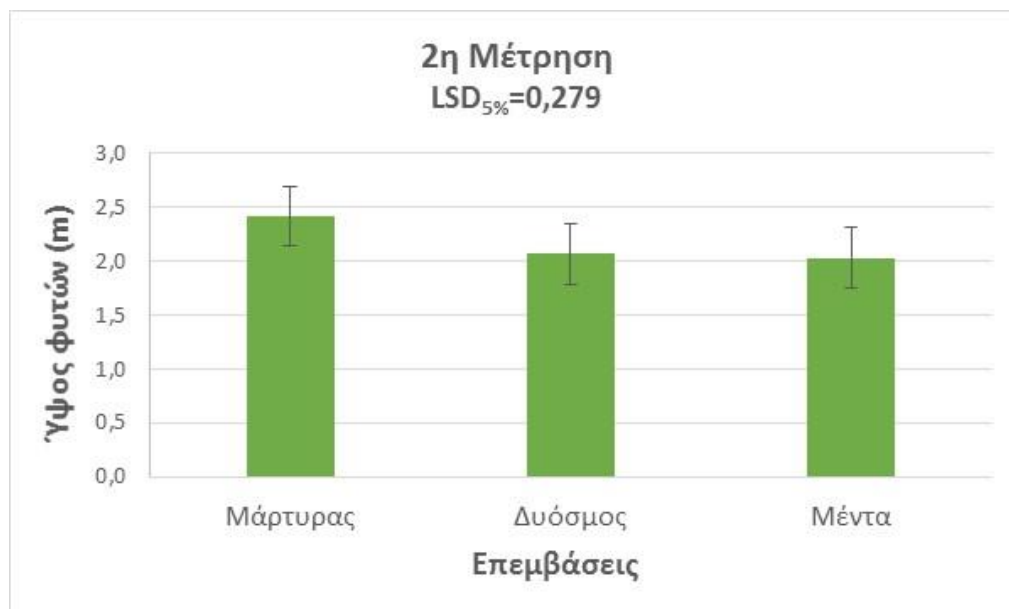
2^η Μέτρηση

Κατά την 2^η μέτρηση, οι μεγαλύτερες τιμές του ύψους καταγράφηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (2,42 m), ενώ οι μικρότερες τιμές στην επέμβαση της μέντας (2,03 m). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές

διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 11).



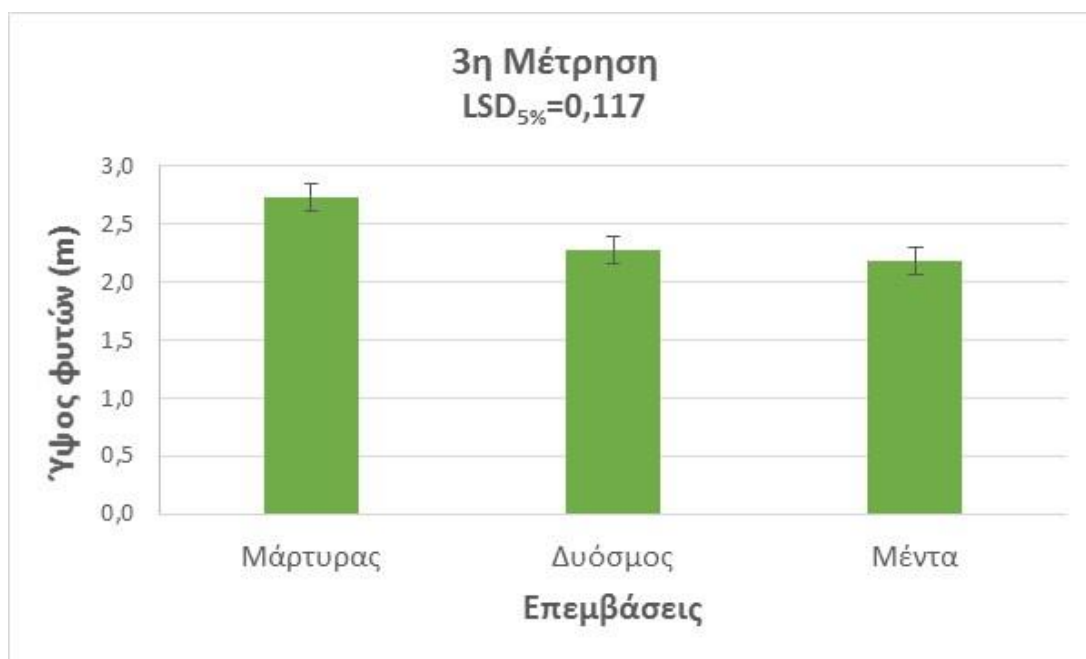
Διάγραμμα 10. Υψος των φυτών του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (1^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Διάγραμμα 11. Υψος των φυτών του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (2^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

3^η Μέτρηση

Όπως και στην 1^η και 2^η μέτρηση, το μεγαλύτερο ύψος των φυτών καταγράφηκε στην επέμβαση του μάρτυρα (2,73 m). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 12).

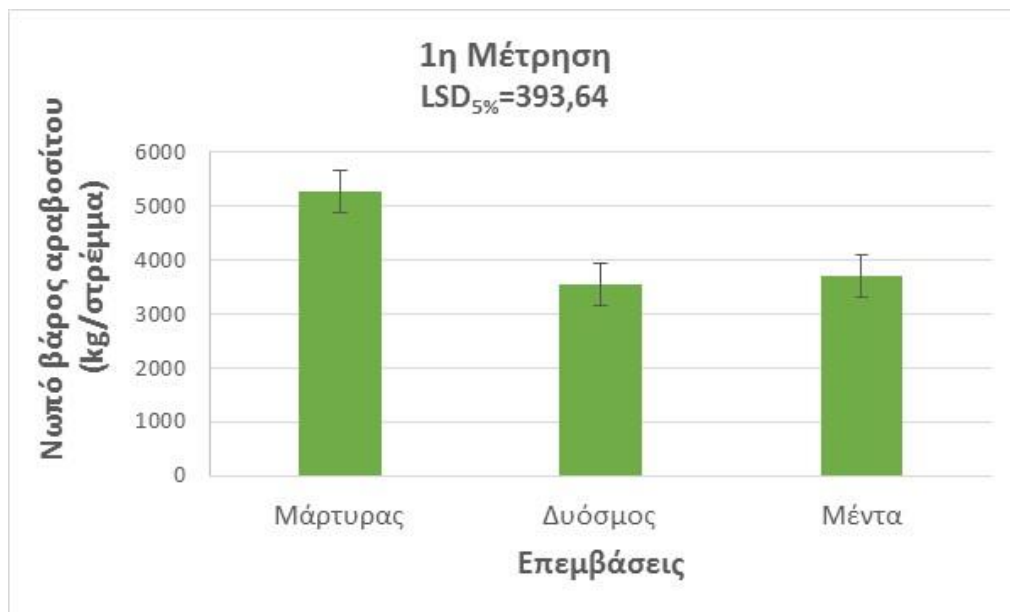


Διάγραμμα 12. Υψος των φυτών του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (3^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

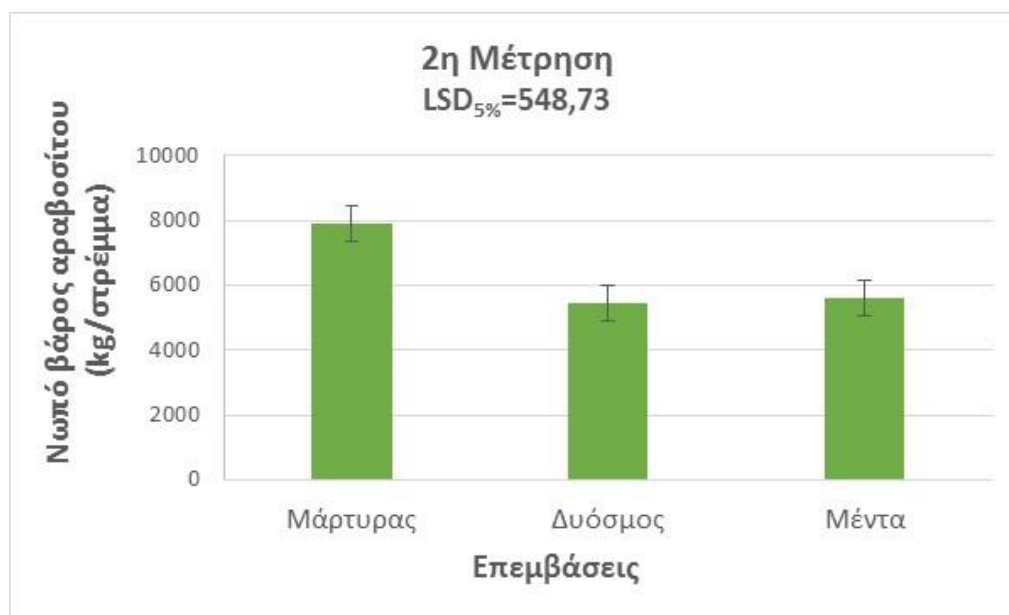
3.5. Νωπό βάρος των φυτών του αραβοσίτου

1^η Μέτρηση

Κατά την 1^η μέτρηση, οι μεγαλύτερες τιμές του νωπού βάρους καταγράφηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (5271,7 Kg/στρέμμα), ενώ οι μικρότερες τιμές στην επέμβαση του δυόσμου (3547,4 Kg/στρέμμα). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 13).



Διάγραμμα 13. Νωπό βάρος των φυτών του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (1^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



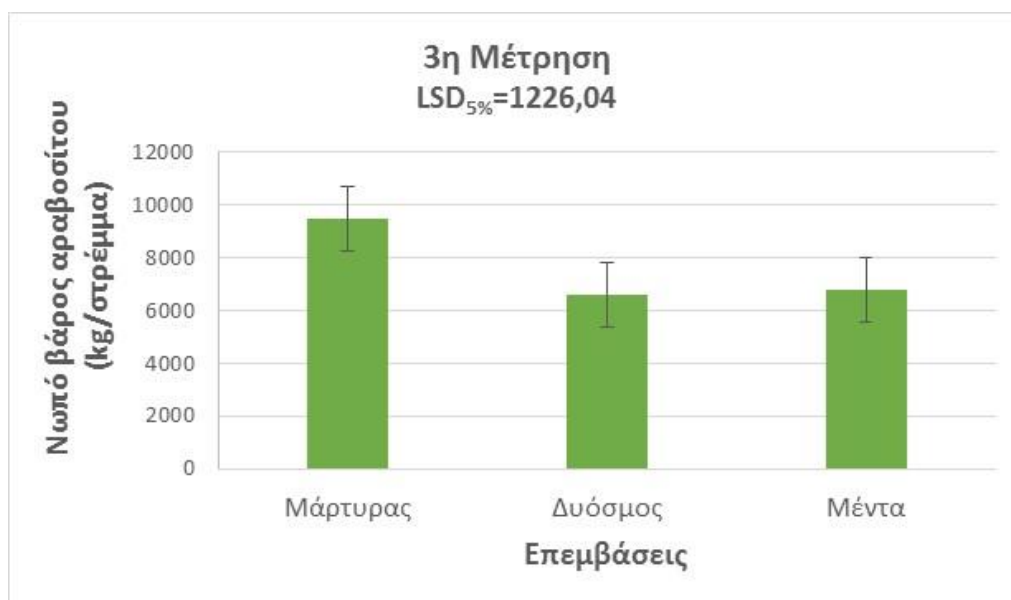
Διάγραμμα 14. Νωπό βάρος των φυτών του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (2^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

2^η Μέτρηση

Κατά την 2^η μέτρηση, οι μεγαλύτερες τιμές του νωπού βάρους καταγράφηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (7912,7 Kg/στρέμμα), ενώ οι μικρότερες τιμές στην επέμβαση του δυόσμου (5462,3 Kg/στρέμμα). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 14).

3^η Μέτρηση

Όπως και στην 1^η και 2^η μέτρηση, το μεγαλύτερο νωπό βάρος των φυτών καταγράφηκε στην επέμβαση του μάρτυρα (9456 Kg/στρέμμα). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 15).

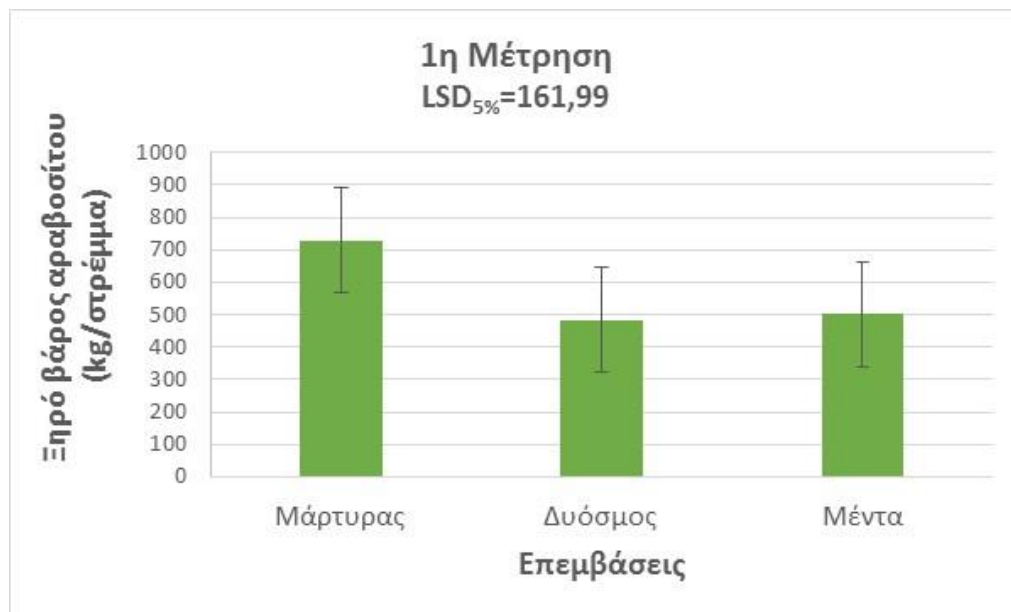


Διάγραμμα 15. Νωπό βάρος των φυτών του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (3^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

3.6. Ξηρό βάρος των φυτών του αραβοσίτου

1^η Μέτρηση

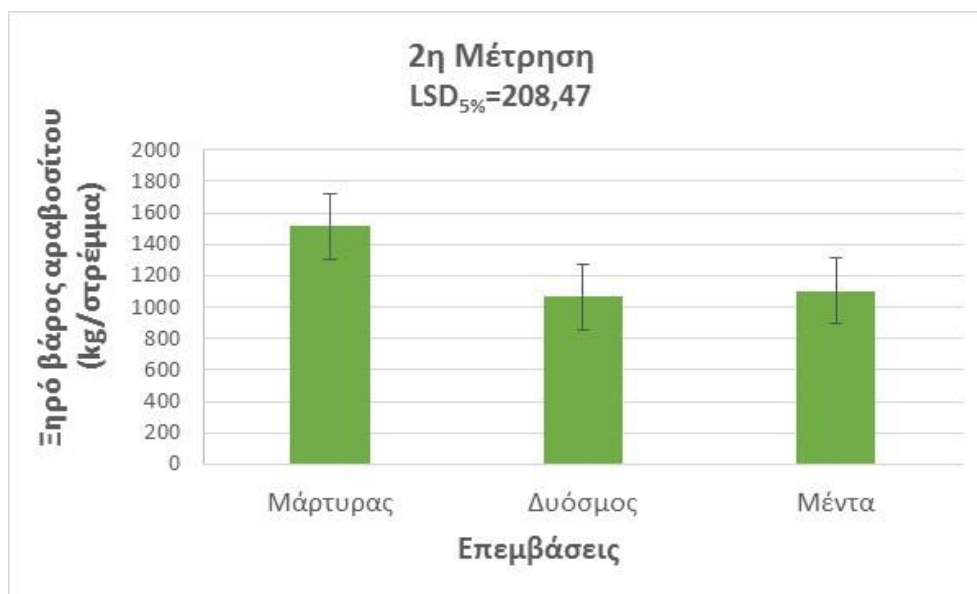
Κατά την 1^η μέτρηση, οι μεγαλύτερες τιμές του ξηρού βάρους καταγράφηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (729,8 Kg/στρέμμα), ενώ οι μικρότερες τιμές στην επέμβαση του δυόσμου (484,1 Kg/στρέμμα). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 16).



Διάγραμμα 16. Ξηρό βάρος των φυτών του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (1^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

2^η Μέτρηση

Κατά την 2^η μέτρηση, οι μεγαλύτερες τιμές του ξηρού βάρους καταγράφηκαν στην επέμβαση του μάρτυρα (1514,5 Kg/στρέμμα), ενώ οι μικρότερες τιμές στην επέμβαση του δυόσμου (1067,8 Kg/στρέμμα). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 17).



Διάγραμμα 17. Ξηρό βάρος των φυτών του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (2^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Διάγραμμα 18. Ξηρό βάρος των φυτών του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας (3^η Μέτρηση). Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

3^η Μέτρηση

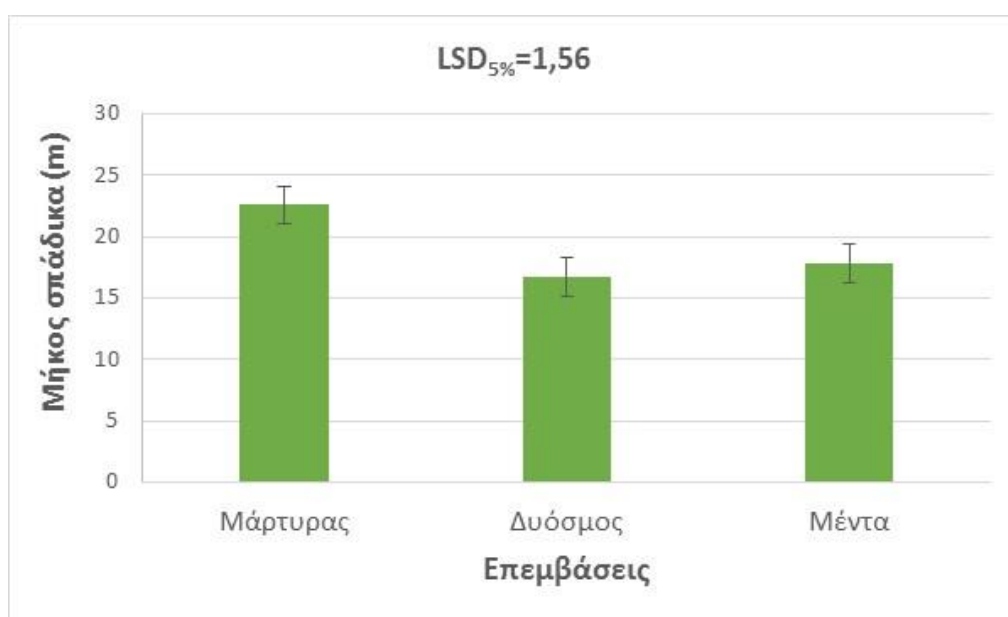
Όπως και στην 1^η και 2^η μέτρηση, το μεγαλύτερο ξηρό βάρος των φυτών καταγράφηκε στην επέμβαση του μάρτυρα (2170,2 Kg/στρέμμα). Δεν παρατηρήθηκαν

στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τεμαχίων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 18).

3.7. Συστατικά απόδοσης

Μήκος Σπάδικα

Το μεγαλύτερο μήκος του σπάδικα καταγράφηκε στα φυτά του μάρτυρα (22,57 cm), ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφηκε στην επέμβαση του δυόσμου (16,70 cm). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 19).

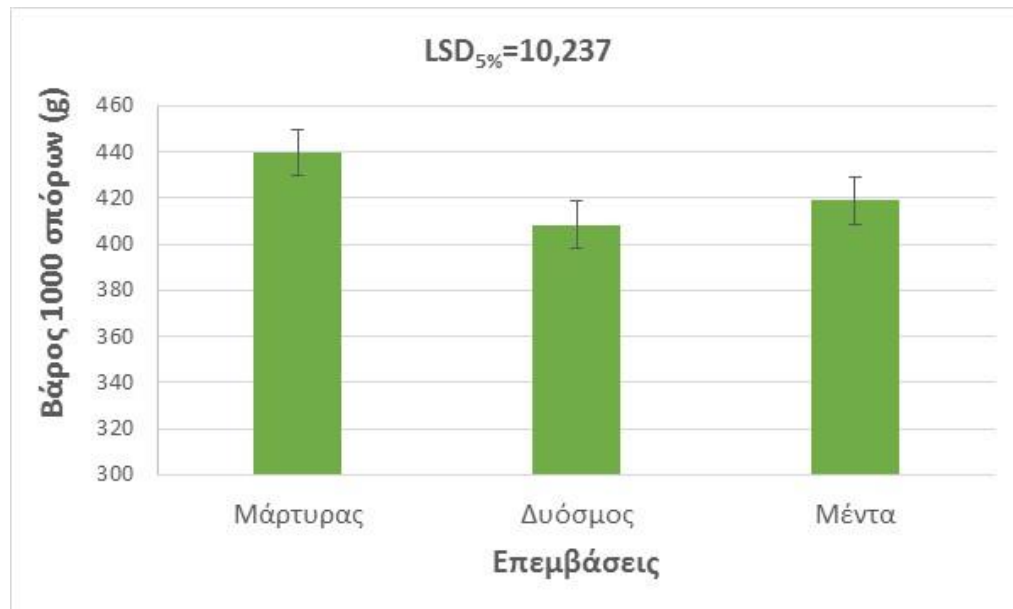


Διάγραμμα 19. Μήκος σπάδικα του αραβοσίτου στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας. Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Βάρος 1000 σπόρων

Οι μεγαλύτερες τιμές του βάρους των 1000 σπόρων καταγράφηκε στο μάρτυρα (439,7 g), ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφηκε στην επέμβαση του δυόσμου (408,3 g). Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του

δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 20).



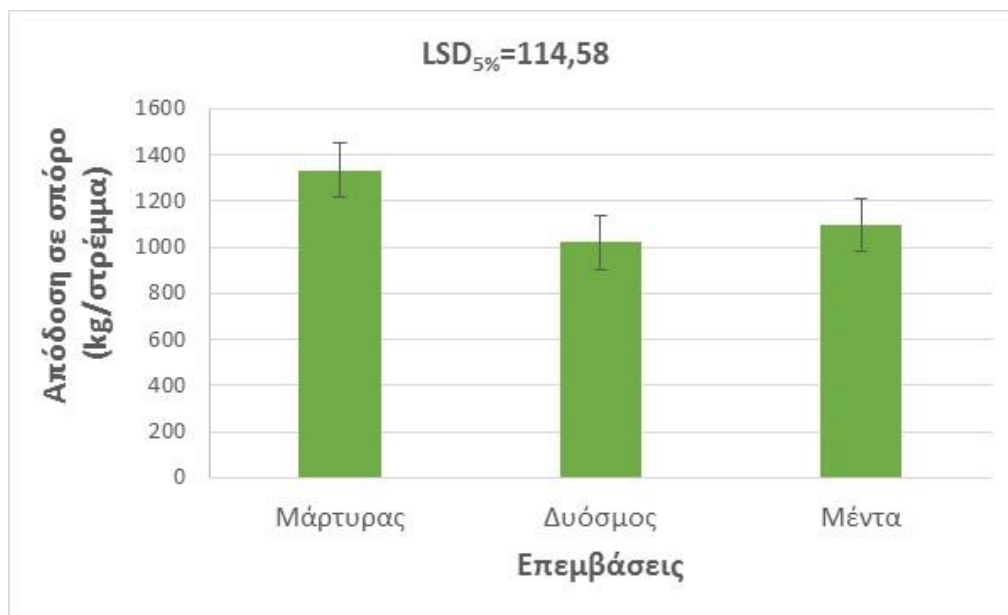
Διάγραμμα 20.Βάρος των 1000 σπόρων στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας. Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Εικόνα 7. Μέγεθος του σπάδικα φυτών αραβοσίτου στα τεμάχια του μάρτυρα.

3.8. Απόδοση σε σπόρο

Η μεγαλύτερη απόδοση σε σπόρο καταγράφηκε στο μάρτυρα (1335 Kg/στρέμμα), ενώ η μικρότερη τιμή καταγράφηκε στην επεμβάση του δυόσμου (1020 Kg/στρέμμα). Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των επεμβάσεων του δυόσμου και της μέντας (Διάγραμμα 21).



Διάγραμμα 21. Απόδοση σε σπόρο στις επεμβάσεις του μάρτυρα, του δυόσμου και της μέντας. Οι μπάρες δείχνουν την Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κεφάλαιο 4^ο: Συζήτηση

4.1. Επίδραση του δυόσμου και της μέντας στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του αραβοσίτου.

Τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι η ένταξη των καλλιεργειών τη μέντας και του δυόσμου σε σύστημα αμειψισποράς επηρέασε σημαντικά τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του αραβοσίτου. Οι τιμές της σχετικής συγκέντρωσης της χλωροφύλλης (τιμές SPAD), της αγωγιμότητας των στοματίων και του ρυθμού φωτοσύνθεσης του ήταν σημαντικά μικρότερες όταν προηγήθηκε καλλιέργεια μέντας ή δυόσμου κάτι που δείχνει ότι η απελευθέρωση αλληλοχημικών από τα φυτικά υπολείμματα του δυόσμου και της μέντας επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη και την απόδοση της καλλιέργειας του αραβοσίτου (Εικόνα 8). Σύμφωνα με τους Mahdavia and Saharkhiz (2016) σε ορισμένες φαινολικές ουσίες (ellagic acid, hesperidin, sinapic acid, trans-ferulic acid) οι οποίες περιέχονται σε υδατικά εκχυλίσματα της μέντας και οποίες προκαλούν οξειδωτικό stress ίσως οφείλεται η μειωμένη βλάστηση και η ανάπτυξη των σποροφύτων τομάτας. Η αλληλοπαθητική επίδραση των φαινολικών οξέων αναφέρεται και από τους Fu et al. (2019) οι οποίοι εξέτασαν την τοξική επίδραση διάφορων φαινολικών οξέων σε φυτάρια του είδους *Rhododendron delavayi*. Το αλληλοπαθητικό δυναμικό διάφορων ειδών του γένους *Mentha* έχει επίσης εξετασθεί με τη χρησιμοποίηση αιθέριων ελαίων έναντι διάφορων ζιζανίων. Οι Argyropoulos et al. (2008) αναφέρουν ότι το αιθέριο έλαιο του δυόσμου παρουσίασε αλληλοπαθητική επίδραση και επηρέασε τη βλάστηση των σπόρων διαφόρων ειδών ζιζανίων (*Amaranthus retroflexus* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Oryza sativa* L., *Portulaca oleracea* L. And *Setaria verticillata* (L.) P. Beauv.), ενώ οι Synowiec et al. (2017) παρατήρησαν σημαντική φυτοτοξική επίδραση του αιθέριου ελαίου της μέντας έναντι διαφόρων ειδών ζιζανίων.

Σχετικά με την αλληλοπαθητική επίδραση διάφορων ειδών του γένους *Mentha* σε φυσιολογικές παραμέτρους, οι Skrzypek et al. (2015) παρατήρησαν ότι τα υδατικά εκχυλίσματα από τα φύλλα της μέντας μείωσαν την συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα του ηλίανθου. Σε άλλη μελέτη, ο Oyerinde et al. (2009) παρατήρησαν ότι τα υδατικά εκχυλίσματα από τους βλαστούς του φυτού *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray προκάλεσαν μείωση της συνολικής συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στα φυτά του αραβοσίτου. Επίσης, οι Mahdavia and Saharkhiz (2016) αναφέρουν ότι τα υδατικά

εκχυλίσματα από το εναέριο τμήμα της μέντας προκάλεσε οξειδωτικό stress στη τομάτα αλλά δεν επηρέασαν την σχετική συγκέντρωση της χλωροφύλλης (τιμές SPAD). Οι συγκεκριμένοι ερευνητές αναφέρουν ότι το υψηλό επίπεδο των ενεργών ριζών οξυγόνου ίσως οφείλεται για τη μειωμένη ανάπτυξη των φυταρίων. Επιπρόσθετα, οι αλληλοπαθητικές ουσίες οι οποίες περιέχονται στο ριζικό σύστημα ή στο υπέργειο τμήμα των φυτών ίσως επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση και τη διαπνοή με αποτέλεσμα τη μείωση της ανάπτυξης των φυτών (Oyerinde et al. 2009, Mahdavia et al. 2017). Οι φαινολικές ενώσεις θεωρούνται ενώσεις με αλληλοπαθητικό δυναμικό και συγκεκριμένα οι ενώσεις ferulic acid, chlorogenic acid και protocatechuic acid αναφέρεται ότι μείωσαν το ρυθμό της φωτοσύνθεσης και της στοματικής αγωγιμότητας των φυταρίων του είδους *Rhododendron delavayi* Franch. (Fu et al., 2019), ενώ οι Zhou et al. (2015) παρατήρησαν ότι η εφαρμογή φυτικών υπολειμμάτων της καρδιάς είχε ως αποτέλεσμα της μείωσης της στοματικής αγωγιμότητας, της διαπνοής και του ρυθμού φωτοσύνθεσης στο σπανάκι.



Εικόνα 8. Επίδραση του δυόσμου και της μέντας στην ανάπτυξη του αραβοσίτου.

4.2. Επίδραση του δυόσμου και της μέντας στην ανάπτυξη και την απόδοση του αραβοσίτου.

Το ύψος και η βιομάζα των φυτών του αραβοσίτου ήταν σημαντικά μικρότερη στις επεμβάσεις της μέντας και του δυόσμου, ενώ δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αυτών των δύο επεμβάσεων. Όπως συζητήθηκε παραπάνω, η μείωση

του ρυθμού φωτοσύνθεσης στις επεμβάσεις της μέντας και του δυόσμου οφείλεται για τη μείωση της ανάπτυξης των φυτών του αραβοσίτου σε αυτές τις επεμβάσεις. Αυτό το συμπέρασμα επιβεβαιώθηκε από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δεδομένου ότι η ξηρή βιομάζα του αραβοσίτου παρουσίασε θετική συσχέτιση με το ρυθμό φωτοσύνθεσης (Πίνακας 2, $r=0.870$, $P<0.01$). Επομένως, η μείωση της ανάπτυξης των φυτών του αραβοσίτου συνδέεται με τη μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης εξαιτίας της αλληλοπαθητικής επίδρασης της μέντας και του δυόσμου. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει τη φυτοτοξική επίδραση των αιθέριων ελαίων και εκχυλίσμάτων των φυτών διάφορων ειδών του γένους *Mentha* έναντι διαφόρων ειδών ζιζανίων (Argyropoulos et al. 2008, Chalkos et al. 2010). Επίσης, σύμφωνα με τον Skrzypek et al. (2015) τα υδατικά εκχυλίσματα της μέντας μείωσαν τη βλάστηση των σπόρων του ηλίανθου, ενώ οι Mahdavia et al. (2016) παρατήρησαν ότι τα υδατικά εκχυλίσματα από το υπέργειο τμήμα της μέντας μείωσαν τη φυλλική επιφάνεια και το ξηρό βάρος των φυταρίων τομάτας. Παρόμοια επίδραση αναφέρεται και από τους Mahdavia et al. (2017) οι οποίοι βρήκαν ότι η ανάπτυξη των φυταρίων ραπανιού (φυλλική επιφάνεια και ξηρό βάρος) παρεμποδίστηκε από τα υδατικά εκχυλίσματα της μέντας. Ο Türker et al. (2008) αναφέρουν ότι η αλληλοπαθητική επίδραση ίσως ξεκινά από τη βλάστηση των σπόρων δεδομένου ότι εκχυλίσματα από διάφορα είδη όπως το *Mentha longifolia* (L.) Huds. μείωσαν τη βλάστηση των σπόρων του αραβοσίτου. Αντίθετα ο Ulbrich et al. (2018) αναφέρουν ότι τα αιθέρια έλαια της μέντας (*Mentha x piperita*) προήγαγαν την ανάπτυξη φυταρίων *Brassica oleracea*. Σε άλλη έρευνα, ο Narwal et al. (1999) παρατήρησαν ότι η καλλιέργεια του ηλίανθου προηγήθηκε της καλλιέργειας του βαμβακιού είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ύψους και της ξηρής βιομάζας των φυτών του βαμβακιού. Ακόμη αναφέρεται ότι η ανάπτυξη του σιταριού επηρεάστηκε αρνητικά όταν ακολούθησε την καλλιέργεια της ινδικής μουστάρδας (*Brassica juncea* L.) (Moyer et al. 2011). Αντίθετα, έχει επίσης παρατηρηθεί ότι η ένταξη αλληλοπαθητικών φυτών σε ένα σύστημα αμειψισποράς μπορεί να επηρεάσει θετικά την ανάπτυξη των επόμενων καλλιεργειών. Για παράδειγμα, οι Farooq et al. (2017) αναφέρουν ότι η ένταξη του σόργου στο σύστημα της αμειψισποράς σιτάρι-ρύζι βελτίωσε την ανάπτυξη του ρυζιού εξαιτίας την μείωσης της πυκνότητας των ζιζανίων.

Εκτός από τις φυσιολογικές παραμέτρους, του ύψους και της βιομάζας και η απόδοση, το βάρος των 1000 σπόρων και το μήκος του σπάδικα επηρεάστηκαν από τις διάφορες επεμβάσεις του πειράματος. Τα αποτελέσματά μας έδειξαν ότι το βάρος των

1000 σπόρων ήταν σημαντικά μικρότερο στις επεμβάσεις του δυόσμου και της μέντας, ενώ δεν παρατηρήθηκαν μεταξύ αυτών των επεμβάσεων διαφορές τόσο για το βάρος των 1000 σπόρων όσο και για το μήκος του σπάδικα. Αντίθετα, ο Farooq et al. (2017) παρατήρησαν ότι το βάρος των 1000 σπόρων του ρυζιού ήταν μεγαλύτερο στο σύστημα αμειψισποράς σιτάρι-σόργο-ρύζι σε σύγκριση με το σύστημα αμειψισποράς σιτάρι-αγρανάπαυση-ρύζι. Επίσης, τα αποτελέσματα μας έδειξαν μείωση της απόδοσης σε σπόρο του αραβοσίτου στις επεμβάσεις της μέντας και του δυόσμου. Αυτή η μείωση ίσως οφείλεται στην απελευθέρωση αλληλοχημικών ουσιών από τα υπολείμματα αυτών των καλλιεργειών οι οποίες επηρέασαν αρνητικά την ανάπτυξη της καλλιέργειας του αραβοσίτου. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η απόδοση σε σπόρο παρουσίασε θετική συσχέτιση με τη ξηρή βιομάζα του υπέργειου τμήματος ($r=0.848$, $P<0.01$). Σε άλλη έρευνα, ο Vishwajith et al. (2017) παρατήρησαν ότι η απόδοση σε σπόρο της βίγνας (*Vigna radiata* L. Wilczek) ήταν μικρότερη στο σύστημα αμειψισποράς ηλιάνθος-βίγνα σε σύγκριση με το σύστημα αμειψισποράς αγρανάπαυση-βίγνα, φανερώνοντας την αλληλοπαθητική επίδραση του ηλιάνθου στην βίγνα. Αντίθετα, ο Cheema et al. (2004) αναφέρουν ότι η απόδοση σε σπόρο του αραβοσίτου αυξήθηκε στην επέμβαση όπου ενσωματώθηκε ηλιάνθος στο έδαφος εξαιτίας της μείωσης του ανταγωνισμού της καλλιέργειας με τα ζιζάνια.

Η αρνητική επίδραση της μέντας και του δυόσμου έναντι του αραβοσίτου πρέπει να εξετασθεί σε διαφορετικά εδάφη και περιοχές. Σύμφωνα με αρκετές μελέτες η επίδραση των αλληλοχημικών επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως ο τύπος του εδάφους και οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι αλληλοπαθητικές ενώσεις (πχ. benzoic acid, p-hydroxybenzoic acid, cinnamic acid και umbelliferone) είναι δυνατόν να προσροφηθούν στα διάφορα συστατικά του εδάφους (άργιλος και οργανική ουσία, Dalton et al. 1989, Inderjit and Bhowmik 2004, Real et al. 2019, Wang et al. 2011), ενώ η συγκέντρωση τους στο εδαφικό νερό επηρεάζει την αλληλοπαθητική τους δράση (Kobayashi 2004). Σε προηγούμενη μελέτη οι Inderjit and Bhowmik (2004) παρατήρησαν ότι η προσρόφηση του benzoic acid που παρουσιάζει αλληλοπαθητική δράση, ήταν μεγαλύτερη σε εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε άργιλο και οργανική ουσία. Επίσης, η βιολογική δράση των αλληλοχημικών επηρεάζεται από τη διαδικασία της έκπλυσης και ουσίες όπως τα p-coumaric και p-hydroxybenzoic acids παρουσιάζουν μικρή έκπλυση και κατά συνέπεια μεγάλη βιοδιαθεσιμότητα (Xiao et al. 2017). Επομένως, το ύψος βροχόπτωσης σε μια περιοχή μπορεί να επηρεάσει την

έκπλυση των αλληλοχημικών από το έδαφος και κατά συνέπεια την αλληλοπαθητική επίδραση τους. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι στα κύρια ζιζάνια (περικοκλάδα και βέλιουρας) που παρατηρήθηκαν στον πειραματικό αγρό δεν παρατηρήθηκε αλληλοπαθητική επίδραση της μέντας ή του δυόσμου.

Πίνακας 2. Συσχετίσεις μεταξύ των σημαντικότερων παραμέτρων του αραβοσίτου.

Παράμετροι	H	SPAD	DW	PR	SC	EAR	GW	GY
Ύψος (H)	-	0.883**	0.812**	0.919***	0.924***	0.901***	0.791*	0.859**
Συγκέντρωση χλωροφύλλης (SPAD)	-	-	0.943***	0.910***	0.890**	0.921***	0.892**	0.824**
Ξηρό βάρος (DW)	-	-	-	0.870**	0.863**	0.919***	0.939***	0.848**
Ρυθμός Φωτοσύνθεσης (PR)	-	-	-	-	0.964***	0.987***	0.891**	0.961***
Αγωγιμότητα στοματίων (SC)	-	-	-	-	-	0.973***	0.899***	0.924***
Μήκος σπάδικα (EAR)	-	-	-	-	-	-	0.930***	0.952***
Βάρος 1000 σπορών (GW)	-	-	-	-	-	-	-	0.903***
Απόδοση σε σπόρο (GY)	-	-	-	-	-	-	-	-

Ο συντελεστής συσχέτισης (r) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τη γραμμική εξίσωση. N=9.

*, **, ***: για επίπεδο σημαντικότητας $P < 0.05$, $P < 0.01$ και $P < 0.001$ αντίστοιχα.

4.3. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας έδειξαν ότι η μέντα και ο δυόσμος όταν προηγήθηκαν στο σύστημα της αμειψισποράς της καλλιέργειας του αραβοσίτου επηρέασαν σημαντικά την ανάπτυξη των φυτών του αραβοσίτου. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκαν τα εξής:

- ✓ Το ύψος και η βιομάζα των φυτών του αραβοσίτου ήταν σημαντικά μικρότερο στις επεμβάσεις της μέντας και του δυόσμου σε σύγκριση με την επέμβαση της αγρανάπαυσης.
- ✓ Η μέντα και ο δυόσμος επηρέασαν αρνητικά τα διάφορα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του αραβοσίτου (αγωγιμότητα στοματίων, ρυθμός φωτοσύνθεσης και συγκέντρωση της χλωροφύλλης).

- ✓ Η απόδοση σε σπόρο της καλλιέργειας του αραβοσίτου ήταν σημαντικά μικρότερη στις επεμβάσεις της μέντας και του δυόσμου σε σύγκριση με την επέμβαση της αγρανάπαυσης.

Συμπερασματικά, με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα αποδείχθηκε ότι η ένταξη των καλλιεργειών της μέντας και του δυόσμου στο σύστημα αμειψισποράς μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη και την απόδοση της επόμενης καλλιέργειας (πχ. αραβόσιτος). Όμως είναι σημαντικό να εξετασθεί η επίδραση της μέντας και του δυόσμου σε διαφορετικά εδάφη καθώς και σε περιοχές με διαφορετικές κλιματικές συνθήκες.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ελευθεροχωρινός Η.Γ. 2014. Ζιζανιολογία: Ζιζάνια, Ζιζανιοκτόνα, Περιβάλλον, Αρχές και Μέθοδοι Διαχείρισης (4^η Έκδοση). Αθήνα, Εκδόσεις ΑγροΤύπος, σελ. 432.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Argyropoulos E.I., Eleftherohorinos I.G. and Vokou D. 2008. In vitro evaluation of essential oils from Mediterranean aromatic plants of the lamiaceae for weed control in tomato and cotton crops. *Allelopathy Journal*, 22(1): 69–78.

Azirak S. and Karaman S. 2008. Allelopathic effect of some essential oils and components on germination of weed species. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 58 (1), 88–92.

Azizi M., Mosavi A. and Nazdar T. 2008. Extraction methods affect allelopathic activity of peppermint and thyme extracts on weed seed germination. *Acta Horticulturae*, 767: 97–104.

Bertholdsson N.O. 2010. Breeding spring wheat for improved allelopathic potential. *Weed Research*, 50(1): 49-57.

Chalkos, D., Kadoglidou, K., Karamanoli, K., Fotiou, C., Pavlatou-Ve, A.S., Eleftherohorinos, I.G., Constantinidou, H.I.A. and Vokou, D. 2010. *Mentha spicata* and *Salvia fruticosa* composts as soil amendments in tomato cultivation. *Plant and Soil*, 332(1): 495–509.

Cheema, Z., Khaliq, A. and Saeed S. 2004. Weed control in maize (*Zea mays* L.) through Sorghum allelopathy. *Journal of Sustainable Agriculture*, 23 (4): 73–86.

Conner R.L., Gillard C.L., Mcrae K.B.; Hwang S.F., Chen Y.Y., Hou A., Penner W. C. and Turnbull G.D. 2019. Survival of the bean anthracnose fungus (*Colletotrichum lindemuthianum*) on crop debris in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 41(2): 209–217.

Dalton, B. R., Blum, U. and Weed, S. B. 1989. Plant Phenolic acids in soils: sorption

- of ferulic acid by soil and soil components sterilized by different techniques. *Soil Biology and Biochemistry*, 21(8): 1011–1018.
- FAOSTAT, 2019. FAOSTAT database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Τα στοιχεία ανακτήθηκαν στις 02-09-2019 από την διεύθυνση <http://www.fao.org/faostat/>.
- Farooq M., Nawaz A., Ahmad E., Nadeem F., Hussain M. and Siddique K.H.M. 2017. Using Sorghum to suppress weeds in dry seeded aerobic and puddled transplanted rice. *Field Crops Research*, 214(May): 211–218.
- Fragasso M., Iannucci A. and Papa R. 2013. Durum wheat and allelopathy: Toward wheat breeding for natural weed management. *Frontiers in Plant Science*, 4(SEP): 375.
- Fu Y.H., Quan W.X., Li C.C., Qian C.Y., Tang F.H. and Chen, X.J. 2019. Allelopathic effects of phenolic acids on seedling growth and photosynthesis in *Rhododendron delavayi* Franch. *Photosynthetica*, 57(2): 377–387.
- Inderjit and Bhowmik P.C. 2004. Sorption of benzoic acid onto soil colloids and its implications for allelopathy studies. *Biology and Fertility of Soils*, 40(5): 345–348.
- Islam A.K.M.M. and Kato-Noguchi H. 2013. *Mentha sylvestris*: A potential allelopathic medicinal plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(6): 1313–1318.
- Karkanis A., Bilalis D.J., Efthimiadou A. and Efthimiadis, P. 2010. Effects of cultural practices on weed flora in virginia (flue-cured) organic tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): Green manure and irrigation systems *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34(6): 487-496.
- Karkanis A., Lykas C., Liava V., Bezou A., Petropoulos S. and Tsiropoulos N. 2018b. Weed Interference with peppermint (*Mentha x piperita* L.) and spearmint (*Mentha spicata* L.) crops under different herbicide treatments: Effects on Biomass and essential oil yield. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 (1): 43–50.

- Karkanis A., Ntatsi G., Lepse L., Fernández J.A., Vågen I.M., Rewald B., Alsina I., Kronberga A., Balliu A. and Olle M., 2018a. Faba Bean cultivation – revealing novel managing practices for more sustainable and competitive European cropping systems. *Frontiers in Plant Science*, 9 (August): 1–14.
- Khanh T.D., Chung M.I., Xuan T.D. and Tawata S. 2005. Cropping and forage systems/crop ecology/organic farming the exploitation of crop allelopathy in sustainable agricultural production. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191: 172–184.
- Kobayashi K. 2004. Factors Affecting phytotoxic activity of allelochemicals in soil. *Weed Biology and Management*, 4(1): 1–7.
- Li Z.-H., Wang Q., Ruan X., Pan C.-D. and Jiang D.-A. 2010. Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15(12): 8933-8952.
- Liu S., Wu F., and Wen X. 2013. Allelopathic effects of root exudates of chinese onion on tomato growth and the pathogen *Fusarium oxysporum* (Sch1) f.sp. *lycopersici*. *Allelopathy Journal*, 31(2): 387–403.
- Mahdavia F. and Saharkhiz M.J. 2016. Secondary metabolites of peppermint change the morphophysiological and biochemical characteristics of tomato. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 7: 127–133.
- Mahdavia F., Saharkhiz M.J. and Karami A. 2017. Defensive response of radish seedlings to the oxidative stress arising from phenolic compounds in the extract of peppermint (*Mentha × piperita* L.). *Scientia Horticulturae* (Amsterdam), 214: 133–140.
- Mamolos A. and Kalburtji K. 2001. Significance of allelopathy in crop rotation. *Journal of Crop Production*, 4(2): 197–218.
- McDonald G.K. and Peck D. 2009. Effects of crop rotation, residue retention and sowing time on the incidence and survival of ascochyta blight and its effect on grain yield of field peas (*Pisum sativum*). *Field Crops Research*, 111(1–2): 11–21.

- Migliorini P. and Wezel A., 2017. Converging and diverging principles and practices of organic agriculture regulations and agroecology. A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(63): 1–18.
- Mominul Islam A.K.M. and Kato-Noguchi H. 2013. Allelopathic potential of five labiatae plant species on barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*). *Australian Journal of Crop Science*, 7(9): 1369–1374.
- Moyer J.R., Blackshaw R.E., Doram R.C., Huang H.C. and Entz T. 2011. Effect of previous crop and herbicides on weed growth and wheat yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 85(3): 735–746.
- Naeem M., Nisar U., Khalid F., Mehmood A. and Ali H.H. 2017. Quantifying allelopathic effect of rapeseed on germination and seedling growth of maize under different salinity levels. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(3): 259–266.
- Narwal S.S. 2000. Weed management in rice: Wheat Rotation by allelopathy. *CRC. Critical Reviews in Plant Sciences*, 19(3), 249–266.
- Narwal S.S., Singh T., Hooda J.S. and Kathuria M.K. 1999. Allelopathic effects of sunflower on succeeding summer crops. I. Field studies and bioassays. *Allelopathy Journal*, 6 (1): 35–48.
- Nichols V., Verhulst N., Cox R. and Govaerts B. 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A Review. *Field Crops Research*, 183: 56–68.
- Ntatsi G., Karkanis A., Yfantopoulos, D., Olle M., Travlos I., Thanopoulos R., Bilalis D., Bebeli P. and Savvas D. 2018. Impact of variety and farming practices on growth, yield, weed flora and symbiotic nitrogen fixation in faba bean cultivated for fresh seed production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science*, 68(7): 619–630.
- Ntatsi G., Karkanis A., Yfantopoulos D., Pappa V., Konosonoka I.H., Travlos I., Bilalis D., Bebeli P. and Savvas D. 2019. Evaluation of the field performance, nitrogen fixation efficiency and competitive ability of pea landraces grown under organic and conventional farming systems. *Archives of Agronomy and Soil Science*,

65(3): 294–307.

- Oyerinde R.O., Otusanya O.O. and Akpor O.B. 2009. Allelopathic Effect of *Tithonia diversifolia* on the germination, growth and chlorophyll contents of maize (*Zea mays* L.). Scientific Research and Essays, 4(12): 1553–1558.
- Park S.E., Webster T.J., Horan H.L., James A.T. and Thorburn P.J. 2010. A legume rotation crop lessens the need for nitrogen fertiliser throughout the sugarcane cropping cycle. Field Crops Research, 119: 331–341.
- Real M., Gámiz B., López-cabeza R. and Celis, R. 2019. Sorption, persistence, and leaching of the allelochemical umbelliferone in soils treated with nanoengineered sorbents. Scientific Reports, 9 (9764): 1–11.
- Rehman S., Shahzad B., Bajwa A.A., Hussain S., Rehman A., Cheema S.A., Abbas T., Ali A., Shah L. and Adkins S. 2019. Utilizing the allelopathic potential of *Brassica* species for sustainable crop production: A Review. Journal of Plant Growth Regulation. 38(1): 343–356.
- Sánchez-Navarro V., Zornoza R., Faz Á. and Fernández J.A. 2019. Comparing legumes for use in multiple cropping to enhance soil organic carbon, soil fertility, aggregates stability and vegetables yields under semi-arid conditions. Scientia Horticulturae (Amsterdam), 246 (November 2018): 835–841.
- Skrzypek E., Repka P., Stachurska-Swakon A., Barabasz-Krasny B. and Mozdzen K. 2015. Allelopathic effect of aqueous extracts from the leaves of peppermint (*Mentha × piperita* L.) on Selected physiological processes of common sunflower (*Helianthus annuus* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 43(2): 335–342.
- Synowiec A., Halecki W., Wielgusz K., Byczyńska M. and Czaplicki S. 2017. Effect of fatty acid methyl esters on the herbicidal effect of essential oils on corn and weeds. Weed Technology, 31(2): 301–309.
- Türker M., Battal P., Ağar G., Güllüce M., Şahin F., Erez M.E. and Yildirim N. 2008. Allelopathic effects of plants extracts on physiological and cytological processes during maize seed germination. Allelopathy Journal, 21(2): 273–286.

- Ulbrich A., Kahle H., Krämer P. and Schulz M. 2018. *Mentha x piperita* volatiles promote *Brassica oleracea*- A pilot study for sustainable vegetable production. *Allelopathy Journal*, 43(1): 93–104.
- Uzoh I.M., Igwe C.A., Okebalama C.B. and Babalola O.O. 2019. Legume-maize rotation effect on maize productivity and soil fertility parameters under selected agronomic practices in a sandy loam soil. *Scientific Reports*, 9(8539): 1–9.
- Vishwajith, Halagalimath, S.P., Ganajaxi, M. 2017. Allelopathic effects of sunflower on succeeding mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) crop. *Allelopathy Journal*, 42(1): 37–48.
- Wang Y., Wang H. and Jiang Y. 2011. Sorption and retention of phenolic acid in soil poplar plantation in eastern china. *International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, RSETE 2011 – Proceedings* 5966193, pp. 7836-7840.
- Wozniak A. and Soroka M. 2018. Effect of crop rotation and tillage system on the weed infestation and yield of spring wheat and on soil properties. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(3): 3087–3096.
- Xiao Z., Le C., Xu Z., Gu Z., Lv J. and Shamsi I.H. 2017. Vertical leaching of allelochemicals affecting their bioactivity and the microbial community of soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(36): 7847–7853.
- Zhou G., Hu T., Wu Z., Chen H., Luo J. and Li W. 2015. Effects of *Juglans regia* leaf litter decomposition on growth and physiological characteristics of spinach (*Spinacia oleracea*). *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 21(4): 777–782.

Παράρτημα-Στατιστική επεξεργασία των δεδομένων

1. Ανάλυση της διασποράς για το ύψος των φυτών-1^η Μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	0,212	0,106	16,824	0,011
Replications	2	0,0132	0,00658	1,042	0,432
Residual	4	0,0252	0,00631		
Total	8	0,251	0,0313		

2. Ανάλυση της διασποράς για το ύψος των φυτών-2^η Μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	0,275	0,138	9,111	0,032
Replications	2	0,00927	0,00463	0,307	0,752
Residual	4	0,0605	0,0151		
Total	8	0,345	0,0431		

3. Ανάλυση της διασποράς για το ύψος των φυτών-3^η Μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	0,508	0,254	96,118	<0,001
Replications	2	0,00169	0,000844	0,319	0,744
Residual	4	0,0106	0,00264		
Total	8	0,521	0,0651		

4. Ανάλυση της διασποράς για το ξηρό βάρος των φυτών-1^η Μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	15375545,511	7687772,755	26,283	0,005
Replications	2	895168,482	447584,241	1,530	0,321
Residual	4	1169994,364	292498,591		
Total	8	17440708,357	2180088,545		

5. Ανάλυση της διασποράς για το ξηρό βάρος των φυτών-2^η Μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	369700,947	184850,473	21,857	0,007
Replications	2	1102,749	551,374	0,0652	0,938
Residual	4	33829,253	8457,313		
Total	8	404632,949	50579,119		

6. Ανάλυση της διασποράς για το ξηρό βάρος των φυτών-3^η Μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	716648,502	358324,251	23,098	0,006
Replications	2	148736,966	74368,483	4,794	0,087
Residual	4	62053,002	15513,251		
Total	8	927438,470	115929,809		

7. Ανάλυση της διασποράς για το νωπό βάρος των φυτών-1^η Μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	5484492,661	2742246,330	90,946	<0,001
Replications	2	1251376,211	625688,105	20,751	0,008
Residual	4	120609,731	30152,433		
Total	8	6856478,602	857059,825		

8. Ανάλυση της διασποράς για το νωπό βάρος των φυτών-2^η Μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	11298457,069	5649228,534	96,417	<0,001
Replications	2	2020714,504	1010357,252	17,244	0,011
Residual	4	234367,608	58591,902		
Total	8	13553539,181	1694192,398		

9. Ανάλυση της διασποράς για το νωπό βάρος των φυτών-3^η Μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	15375545,511	7687772,755	26,283	0,005
Replications	2	895168,482	447584,241	1,530	0,321
Residual	4	1169994,364	292498,591		
Total	8	17440708,357	2180088,545		

10. Ανάλυση της διασποράς για το μήκος του σπάδικα

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	58,107	29,053	60,951	0,001
Replications	2	0,487	0,243	0,510	0,635
Residual	4	1,907	0,477		
Total	8	60,500	7,563		

11. Ανάλυση της διασποράς για το βάρος των 1000 σπόρων

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	1529,609	764,804	37,507	0,003
Replications	2	131,849	65,924	3,233	0,146
Residual	4	81,564	20,391		
Total	8	1743,022	217,878		

12. Ανάλυση της διασποράς για την απόδοση σε σπόρο

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	161525,804	80762,902	31,612	0,004
Replications	2	8448,000	4224,000	1,653	0,300
Residual	4	10219,155	2554,789		
Total	8	180192,960	22524,120		

13. Ανάλυση της διασποράς για την αγωγιμότητα στοματίων-1^η μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	0,0685	0,0343	40,628	0,002
Replications	2	0,000273	0,000136	0,162	0,856
Residual	4	0,00337	0,000843		
Total	8	0,0722	0,00902		

14. Ανάλυση της διασποράς για την αγωγιμότητα στοματίων-2^η μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	0,00670	0,00335	6,998	0,049
Replications	2	0,000347	0,000173	0,363	0,717
Residual	4	0,00191	0,000478		
Total	8	0,00896	0,00112		

15. Ανάλυση της διασποράς για το ρυθμό φωτοσύνθεσης-1^η μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	213,536	106,768	42,831	0,002
Replications	2	0,389	0,194	0,0780	0,926
Residual	4	9,971	2,493		
Total	8	223,896	27,987		

16. Ανάλυση της διασποράς για το ρυθμό φωτοσύνθεσης-2^η μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	72,960	36,480	52,615	0,001
Replications	2	2,207	1,103	1,591	0,310
Residual	4	2,773	0,693		
Total	8	77,940	9,742		

17. Ανάλυση της διασποράς για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-1^η μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	857,754	428,877	43,202	0,002
Replications	2	1,353	0,676	0,0681	0,935
Residual	4	39,709	9,927		
Total	8	898,816	112,352		

18. Ανάλυση της διασποράς για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-2^η μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	164,488	82,244	159,477	<0,001
Replications	2	11,131	5,566	10,792	0,024
Residual	4	2,063	0,516		
Total	8	177,682	22,210		

19. Ανάλυση της διασποράς για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης-3^η μέτρηση

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Treatments	2	230,529	115,264	40,680	0,002
Replications	2	27,772	13,886	4,901	0,084
Residual	4	11,334	2,833		
Total	8	269,635	33,704		